

台風による各地の強風特性について

白石成人・松本 勝・白土博通・油谷康弘・長田 信

STRONG WIND PROPERTY DUE TO TYPHOON IN JAPAN

By *Naruhito SHIRAISHI, Masaru MATSUMOTO, Hiromichi SHIRATO,*
Yasuhiro ABURATANI and Makoto OSADA

Synopsis

In this study, the strong wind caused by typhoon has been statistically investigated by use of wind data measured at the local meteorological observatories, especially being targeted the relationship between the strong wind and the location of eyes of typhoon.

Furthermore, the probabilistic property of annual maximum wind speed caused by typhoon at Osaka has been analyzed from the point of specified route of typhoon. The strong wind mechanism in Kinki Prefecture due to the second Muroto typhoon has been fundamentally studied by use of topographical models in a circulated flow generated by special typhoon simulation device.

1. ま え が き

構造物の設計風速を決定する方法としては過去の年最大風速の集積データに対する極値分布のあてはめ、および構造物の耐用年数、強風の再現期間をベースにするものが一般には知られている。しかし世界各地には熱帯性低気圧という非常に強い風雨をもたらす少々、特異ともいえる低気圧に見舞われる地域がある。(例えば北米におけるハリケーン、オーストラリアのウィリーウィルズ、インドのサイクロン、極東の台風等。)

これらの熱帯性低気圧の中でも構造物を破壊に至らしめるような特に大型のものは統計解析を行う上でデータ数が不足していること、また各々が統計的にみて不安定であることなどの理由から、その強風機構の解明には多くの課題が残っている。従って実際には推定された風速に何らかの割り増し係数を掛けることによって、安全側に設計するような基準が設けられている。例えば、オーストラリアにおいては南緯 27° 以北かつ海岸線から 50 km までの陸地を熱帯性低気圧(ウィリーウィルズ)の常襲地域と定め、年最大風速の解析によって得られた推定風速値を更に15%増加させることによって構造物の設計をより安全側へ導こうとしている¹⁾。また米国では、熱帯性低気圧(ハリケーン)をその非定常性がゆえに極値分布にあてはめようとせず、ハリケーンのモンテカルロ法によるシミュレーションを用いるいわゆる“ハリケーン風解析”を行うことにより基本風速を決定している²⁾。

以上のように熱帯性低気圧による強風の統計解析には問題点が数多く残されており、それゆえに各国においてさまざまな対応が考えられているようである。周知のとおり、我が国も台風の常襲地域であり台風を統計的に取り扱うための方法が考えられているものの、日本の地形は非常に起伏に富み、諸外国に比べ強風に関する地形的影響が大きいこと、さらに各地で局地風と呼ばれる特有の風が多く見られることなど、地上の強風解析上、多くの障害となる要因が存在し今なお精度の良い解析方法が得られていないのが現状といえる。

2. 台風による強風特性

2.1 各地の強風

光田²⁾らおよび牧野⁴⁾らは、台風の構造に着目することによりそのモデル化を行い中心気圧、規模等からその強風の上空での風速を求めることを試みている。さらに得られた上空での風速を行い、地表風への換算

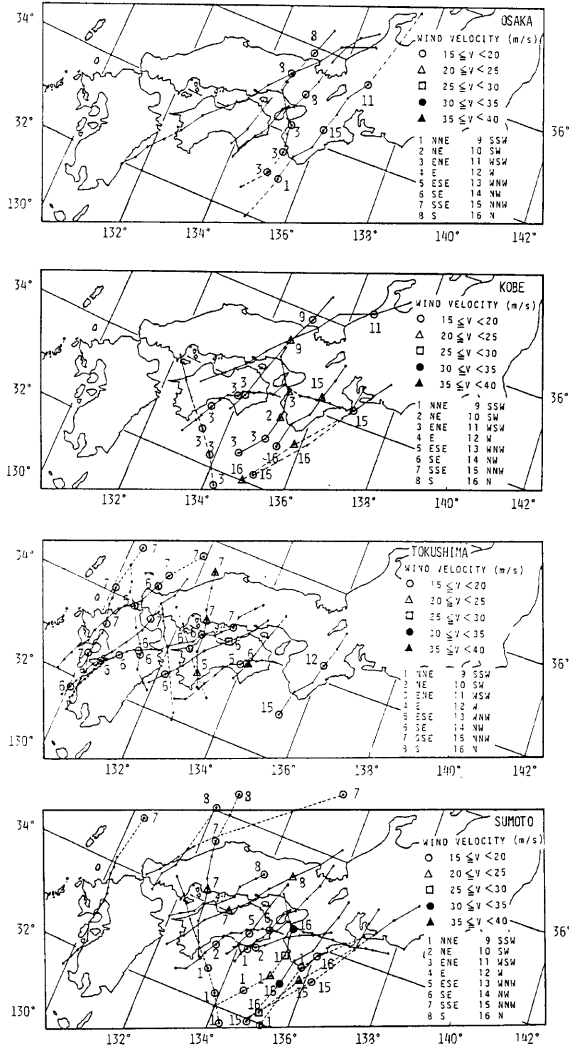


Fig. 1 Location and route of typhoons

も行われているが、その正しい評価は特に日本のような激しい起伏に富んだ地形において行なわれるとき、極めて難しいものとなる。Fig. 1 は1964年から1978年までの15年間の全ての台風を対象に洲本、大阪、神戸、徳島において10分間平均風速が 15 m/s を超える強風が作用した場合の台風の目の位置を示す図である⁵⁾。これによると洲本においては台風の中心が洲本からかなり離れた所に位置しているときにも強風が作用しており、特に風速が 20 m/s を越える南寄りの強風は、台風の中心が呉、川之江等、非常に離れたところで観察されている。

大阪の場合には、強風が作用するときの台風の目の位置は、洲本ほど広い範囲に及んでいないようである。また大阪はこれまで、室戸台風、第2室戸台風、ジェーン台風という3つの大型台風の襲撃を受けているが、図より、これら3つの台風が上陸した直後はいずれも南寄りの非常に強い風が吹いていることが認められる。さらに台風7506号は上記3台風と同様な経路を通ったものであるがこの台風は比較的弱い台風（本州上陸時の中心気圧 980 mb 程度）であり、神戸には強風が作用していないにもかかわらず、大阪では 15 m/s 以上の強風が観察されたということは興味深いことである。

神戸においては台風が四国沖から紀伊水道付近に位置するとき六甲山系に沿う東北東の風が作用していることが大きな特徴といえよう。

徳島で観測された結果によると、その風向は南東方向が卓越している。さらに台風中心が徳島以西に位置するとき強風が作用することが認められる。

2.2 極値分布特性

構造物の設計風速を算定する目的で、世界各国では年最大風速を何年間に渡って集積し、それらを極値分布関数にあてはめることが試みられている。米国においてはその際、極値Ⅱ型分布が用いられているが、その他多くの国々では極値Ⅰ型へのあてはめがなされている。ところが米国においては熱帯性低気圧（ハリケーン）はあまりに非定常性が強いいため考慮に入れないとしている⁶⁾。しかし日本において設計風速の設定を行う場合、年最大風速のほとんどが台風によってもたらされているという理由からも台風という現象は避けて通れない現象である。台風の極値分布へのあてはめは、これまで例えば宮田ら⁷⁾によっても報告されているが、これによれば台風によってもたらされる強風は非定常性が強く分布形への適合性は決して良いとは言えず、さらに改善を試みるためには台風が通過していくにともない、風速、風向、中心気圧、進行速度がどのように変化していくか、また通過地点の地形因子などの検討が必要としている。確かに極めて非定常性の強い熱帯性低気圧を統計的に解析するということは、多くの問題を含んでいる。その一つは日本が台風の常襲地域であるといいながら、やはり解析する上で必要なデータ数が決して十分ではないということである。つまり、ある地点において設計風速を求める際に、もしそのデータ内に超大型台風が入っていない場合、そこから得られた推定風速は、唯一回、大型台風が襲来した場合に容易に無意味化してしまうであろう。また、たとえ大型台風が襲来していたとしても、そのデータ数は極めて少数であるがゆえ、得られた推定値が決して高精度ではないこと、さらに構造物の耐風設計の上で重要となる風速域との関連性が正確に把握できないことなどが挙げられよう。

ここでも熱帯性低気圧（台風）の統計的解析を行うため極値分布へのあてはめを試みた。しかし本研究では、例えば年最大風速をもたらした台風と限定せず、さまざまな見地から台風の分類を行い、いかなる分類をすれば確率統計的に均質なものとなるか（例えば極値Ⅰ型分布への適合性）を考えた。以下に極値分布への適合性を調べるためのプロットの手順を示す。

プロットすべきデータが N 個あった場合に、最初にこれらのデータを風速の小さなものから大きなものへと順序を並べかえ最小のものを $\text{No.}1$ 、最大のものを $\text{No.}N$ というように番号をつける。次に i 番目の標本データの風速 ($i=1, 2, \dots, N$) V_i 、 i 番目以外のデータの風速が超えない確率 $F(V_i)$ （非超過確率）を次の式（Hazen）の式によって求める。

$$F(V_i) = \frac{2i-1}{2N} \dots\dots\dots (1)$$

また極値 I 型分布は次の式で求められる。

$$F(V) = \exp[-\exp\{-m(V-n)\}] \quad (m, n \text{ はパラメータ}) \dots\dots\dots (2)$$

この式で表わされる分布形は二重確率紙上では直線と与えられることから、二重確率紙上に(1)式より得られた座標 $(V_i, F(V_i))$ をプロットし最小二乗法によって(2)式のパラメータ m, n を求め分布形を決定するという手順をへる。

Fig. 2 は過去、1934年～1981年の間に大阪において強風をもたらした台風を対象に前述に示した方法により Hazen plot し、それに最も適合すると思われる直線をあてはめてみた。その結果は、一見してわかるように上位3風速をもたらした台風(室戸台風、第2室戸台風、ジェーン台風)のみが、他の多数の台風と比較して異なった特性をもっている。これら3台風は周知の通り、近畿地方に多大の被害をもたらした防災工学上、歴史的にも大きな意味をもつものの唯3個のデータというのは統計確率的に取り扱うこと自体、問題があるといえる。このことからこの3台風を異質なものとして無視して大阪の強風を統計的に取り扱い、風速推定を行うとすれば大きな疑問が残る。そこで次に大阪における台風がもたらした風向に着目し、さらに台風を限定して Hazen Plot を行った。つまり、大阪において台風がもたらした強風は大きくわけて南西よりの風と東北東の風に分けられる。そして室戸台風、第2室戸台風、ジェーン台風の最大風速をもたらした風向は、それぞれ南南東、南となっており南寄りの風であるという共通点がある。そこで **Fig. 3** に最大風速を記録したときの風向が南寄りであった台風による強風のみを選び出し、再び Hazen Plot したものを示す。しかしやはり先程の結果と同様、上位3つの台風、つまり室戸、第2室戸、ジェーンの3台風は、その他の台風と同一の傾向があるとは言いがたい。従って風向による分類では台風を統計的に取り扱うのに十分ではないという結論になる。そこで今度は風向の他に室戸台風、第2室戸台風、ジェーン台風の3台風に共通の要素を探してみた。そして、この3台風が比較的、日本に上陸後の進路が類似している(いずれの台風も四国沖

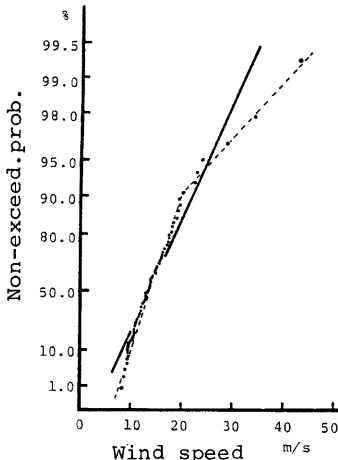


Fig. 2 Non-exceeding probability at wind speed due to only typhoon at OSAKA

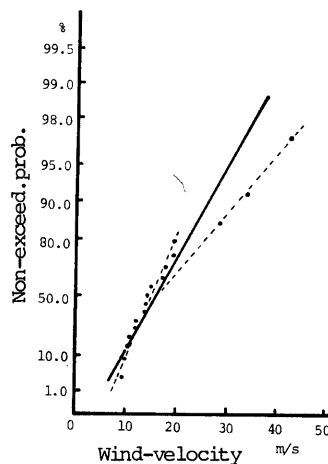


Fig. 3 Non-exceeding probability of wind speed for specific wind direction (SSE-SSW) at OSAKA

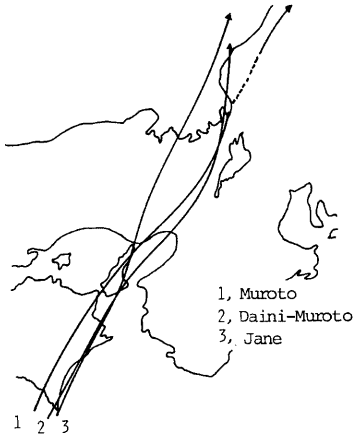


Fig. 4 Routes of typhoons, Muroto, Daini-Muroto, and Jane

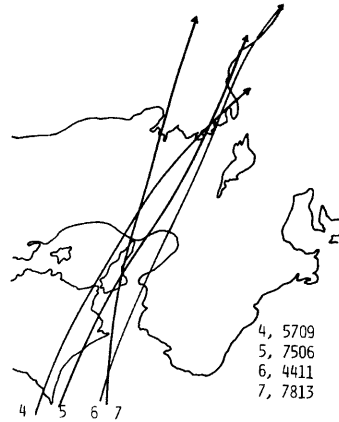


Fig. 5 Routes of typhoons similar with ones in Fig. 4

から北上し室戸岬に上陸し、さらに淡路島付近を通り阪神地域に上陸後、若狭湾方面へ抜けている。)ことから (Fig. 4), 日本を襲った台風から以上に述べたような経路を通ったもの 4 個 (Fig. 5) — なおこれらの台風は、いずれもその年の大阪における年最大風速を与えていないことから、このような極値分布を議論する場合の強風としては今までの研究では全く表面に現われなかった台風といえる一を選び、これらの台風の大阪における最大風速とその非超過確率を Hezen Plot してみた。(Fig. 6) プロットできた点が 7 個と少ないという点が残るが、極値 1 型分布への適応という見地から見れば非常に良く改善されており、顕著台風 (室戸, 第 2 室戸, ジェーン) が確率統計的に何ら特異なものでないということが知られる。この結果から大阪における台風の強風特性はその経路に大きく依存していると言える。そして室戸, 第 2 室戸, ジェーンの 3 台風の通った経路は大阪における強風をもたらす可能性のある経路として、耐風設計を行う上で注意すべきであると思われる。

2.3 地形特性との関連性

我が国におけるこれまでの強風は、その大部分は台風によってもたらされているが、その中で各地方に固有の風 (局地風) の影響を受けているものが少なくない。例えばルース台風が佐田岬を襲ったとき平均風速 68.9 m/s という非常に強い風を記録しているが、これはその後の報告によると宇和島付近の局地風 “やまじ” が台風によってもたらされる強風をさらに増幅する及ぼしたとしている⁹⁾。また近畿地方にふく局地風

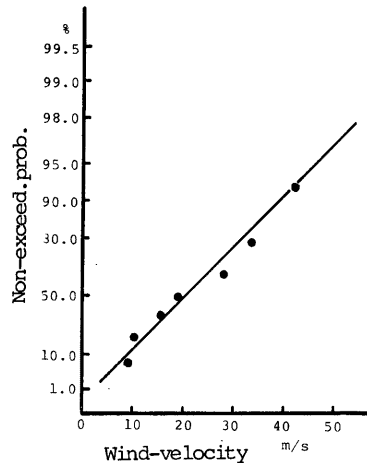


Fig. 6 Non-exceeding probability of wind speed for specific typhoons which have almost the same route at OSAKA

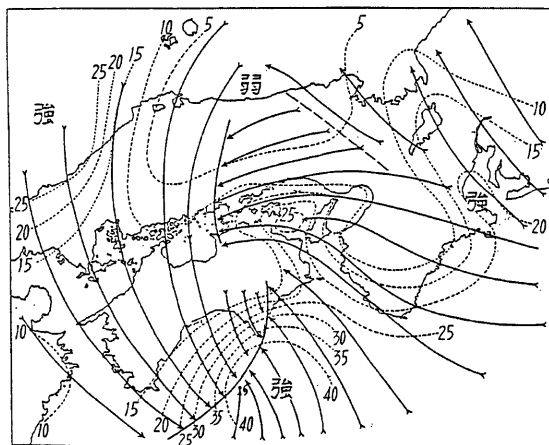


Fig. 7 Streamlines of typhoon No. 6118

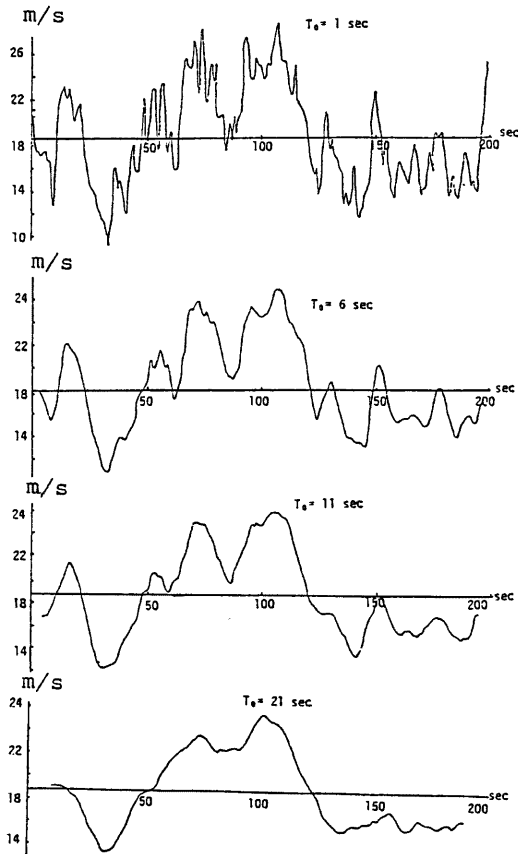
として六甲おろしがある。これは六甲山系の南側に位置する神戸市内に山頂と同じように吹く強風である。台風が四国地方から北東進し、潮岬、熊野灘を通った場合に台風による強風と六甲おろしによる強風が重なり非常に強い北風が吹き、しかもその継続時間が長くなるという事実も観測されている。このように日本における強風特性を考える場合には各地の地形的影響の強い局地風がいかなる効果を及ぼしているかということを検討する必要がある。

本州四国連絡架橋中間報告⁹⁾によれば、複数の気流系が交錯する地点においてはシーアラインと呼ばれる気流の境界層が発生するとされている。Fig. 7 はこの報告からの転載であるが、第2室戸台風が襲来した際、昭和36年9月16日午前9時の気流の様子が示されている。これによると、まず大阪湾、播磨灘方面に強い東風がみられ、この風は瀬戸内海の中中部まで侵入し、日本海側から四国へ向って流れる気流系との間には、はっきりした境界線が見られる。そして観測結果によるとこのシーアラインの東側では風が強くなっている。シーアラインは時刻の経過とともに東へ移動するが、それにつれて強風域が東方へ移っていくことは注目すべきことであろう。もう一つ、四国南東沿岸沖に沿って南西方向に走るシーアラインが観察できるが、やはりこのシーアライン上、あるいはこの付近では強風となっている。従って強風発生には主だった気流系の合流、交錯が重要な要因となっているのではないと思われる。

2.4 設計風速と平均化時間

自然風は、ある時刻において一定の風速であるということはありません、時々刻々、変化するものであるが一般にその特性を表現するために平均風速と変動風速が用いられる。このうち平均風速に関して、現在いくつかの問題点が指摘されている。一般に平均風速といえは10分間の風速の変化を測定しその平均をもって平均風速としている。従ってもしこの平均化時間を変化させれば、平均風速の値も変わることが予測される。例えば、平均化時間が長い場合は、風速値の変動は小さくなり、逆に平均化時間が短かければ変動は大きくなり、そのため風速値自身の値も変化するであろうということである。Fig. 8 に大和川河口における強風の風速変動を示す¹⁰⁾。上から移動平均評価時間を1秒、6秒、11秒、21秒とした場合の変化状況であるが、この図からも平均化時間の風速値に及ぼす影響は大きいと判断できる。

平均化時間を考える際に考慮すべきことは、いかなる空力現象を対象にしているのか、ということである。

Fig. 8 Variation of wind speed for various averaging time T_0

る。一概に耐風設計といっても解析上、多方面からの考察が必要となる。一例として、静的あるいは動的圧力特性、空気力特性、空力振動現象などが挙げられよう。そしてそれぞれの解析を行う場合の考えるべき対象風速は各々、平均化時間を変えることが要求されよう。というのは構造物の表面に作用する圧力を対象とする場合には非常に短い時間、いわゆる瞬間時間を考慮した平均化時間でなければならない。一方、フラッター現象を対象とする場合には物体の振動が十分発達するまでには、ある程度の時間、継続して風が吹かなければならないため一定時間の平均化時間を考えなければならない。さらに細かくわければ構造物の固有振動数によって変えなければならないであろうし、また渦励振、ギャロッピング、振れフラッタ、連成フラッタなど対象とする振動の種類によって分類すべきであると思われる。この点について、外国に目を向ければ、例えば英国の Bridge Aerodynamics⁵⁾によると以下のように定めている。

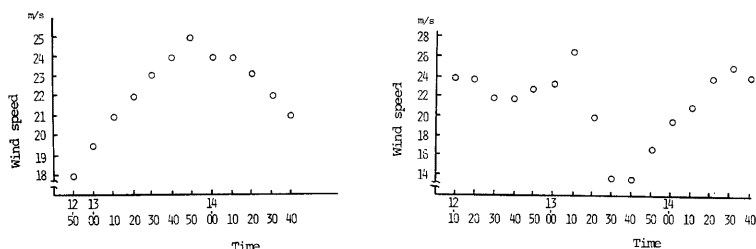


Fig. 9 Time Changes of wind speed at OSAKA KOBE during passage of typhoon No. 6118

$$\textcircled{\text{C}} \text{渦励振} \quad V = 1.25 K_1 K_2 V \quad \begin{cases} V: 60 \text{分平均風速} \\ K_1: \text{再現期間に関する補正係数} \\ K_2: \text{高度補正係数} \end{cases}$$

②ギャロッピング, フラッタ

$$V_g, V_f < 1.3 V_r$$

渦励振に関しては平均化時間として10分間を考え(60分平均風速の1.25倍としている。)この時間が振動の発達時間であると考えている。またギャロッピング, フラッタの発散型振動の場合, 比較的短時間で振動が発達してくるという事実に基づき, 渦励振で考えた10分間よりさらに短い時間を考慮し, 安全側に耐風設計を行う目的から, さらに1.3という係数を掛け設計風速を計算している。

以上のように自然風の平均風速を求めるためには, さまざまな要素を加味しなければならないが, なかでも台風というとりわけ非定常性の強い強風を取り扱う場合には, さらに注意深く平均化時間の検討が必要であろう。Fig. 9 に1960年, 第2室戸台風が日本に襲来したときの大阪, 神戸における風速を10分間毎に時刻とともに示した。これによると, 特に神戸における10分間平均風速は大きく変動していることがわかる。13:10に風速約27 m/sであったものが13:20には約20 m/s さらに13:30には約14 m/sとわずか20分の間に大きく変わっている。このような特性から, もし平均化時間を10分から変えてみると, その影響はかなり大きく現われてくるものと思われる。

2.5 台風の非定常性

Fig. 10 は潮岬において台風 T 7220¹¹⁾, を Fig. 11 に大阪(大和川河口)において台風 T 7916¹²⁾ をそれぞれ観測したときの風速記録である。両者は, 観測地点の真上を台風の目が通ったという共通点をもっており台風の特性を知る上で非常に貴重な資料といえよう。これらの結果によると, 台風の通過に伴って風速, 風向が大きく変化しその非定常性が顕著に現われている。しかし両者をよく比較してみると類似点があるのに気づく。つまり弱風時に比べ強風時には高周波成分の変動が目だつ。しかし Table 1 に示すように乱れの強さ(σ_w/U)は小さくなっている。これは, 細かい渦が存在するが比較的強風は安定していることによるものと思われる。

3. 地形模型実験

3.1 概 説

前に述べたように光田ら³⁾あるいは牧野ら⁴⁾は台風によってもたらされる強風の風速推定を試みているが, 地上風に関しては地形の影響が極めて複雑にかかわってくるため, その風速推定は非常に難しいとしている。斉藤ら¹³⁾は比較的微小スケールで起伏度, 海度, 陸度, 開放度などを地形因子として地形がいかな

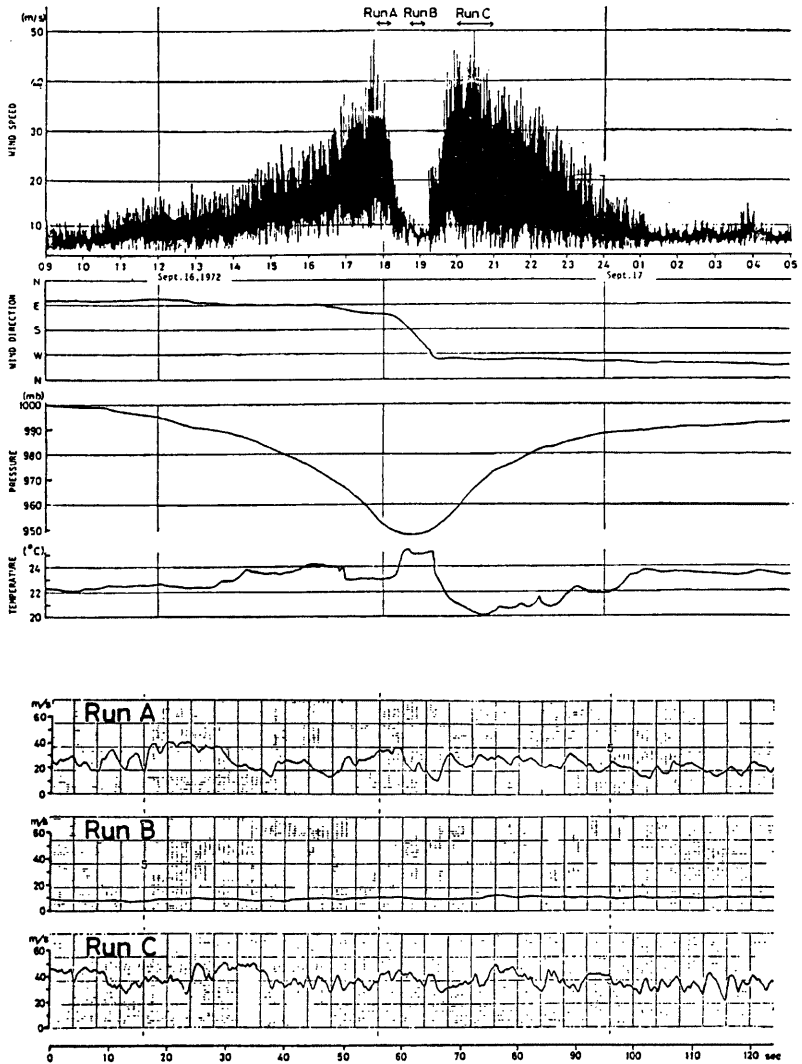


Fig. 10 Time Changes of wind speed, wind direction, atmospheric pressure and air temperature at Siono Sionomisaki during passage of T7220 (upper diagrams)
Examples of the traces of short period wind speed fluctuations during typhoon passage for three periods. (lower diagrams)

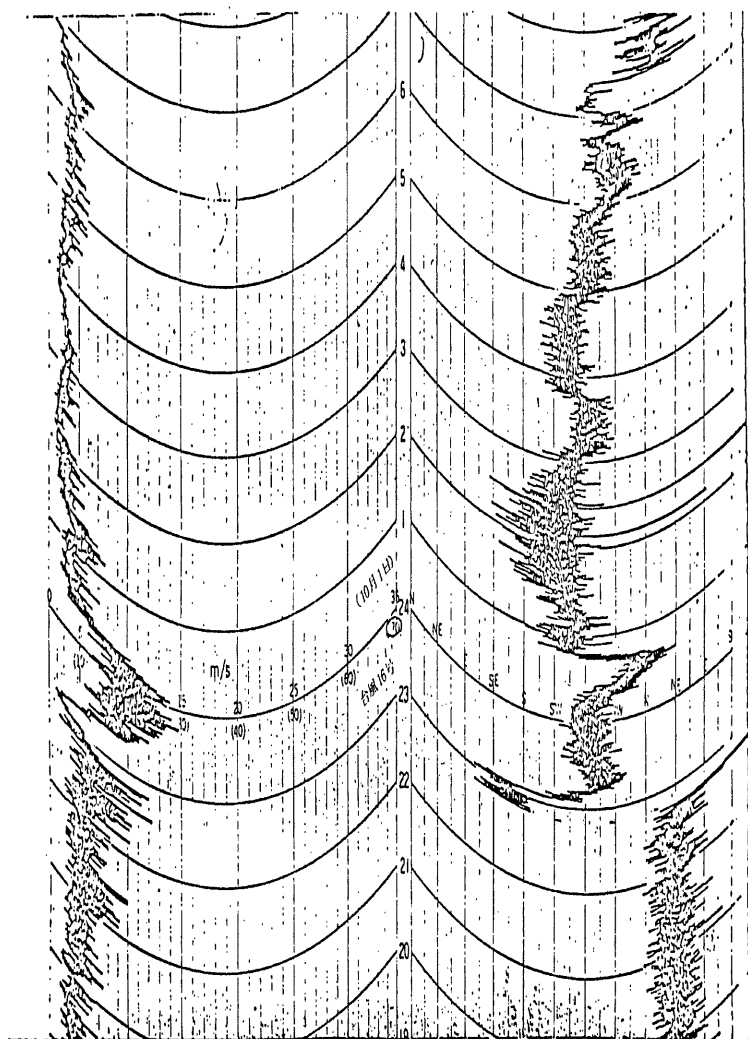


Fig. 11 Record of wind speed at Yamato River

Table 1 Paramaters of turbulent property

RUN No	wind speed (m/sec)				variance (m ² /sec)		intensity of turbulence		scale of turbulence		Gust Factor	angle of attack		
	Longi. $\bar{U}$	$\bar{u}$	$\bar{v}$	Vert. $\bar{w}$	σ_u^2	σ_v^2	I_u	I_w	L_u	L_w	G	$\bar{\alpha}$	$\bar{\theta}$	
1	10.52	7.72	-6.69	0.12	5.37	1.08	22.0	9.9	80.41	0.21	1.89	0.66	49	NE
2	13.18	11.03	-6.96	-0.12	3.84	0.79	14.9	6.7	61.53	-0.14	1.39	-0.52	58	NNE
3	13.02	11.44	-5.87	0.42	7.29	1.10	20.7	8.1	18.68	0.17	1.58	1.86	63	NNE
4	8.62	5.78	-6.00	0.41	4.10	0.83	23.5	10.6	43.93	0.63	1.73	2.75	44	NE
5	12.60	7.63	-9.58	0.31	5.28	0.92	18.2	7.6	47.17	0.06	1.57	1.40	39	NE
6	15.79	5.26	14.70	0.51	5.09	0.83	14.3	5.8	87.33	0.84	1.34	1.84	160	WNW
7	18.66	4.39	18.01	0.37	8.30	0.92	15.4	5.1	169.10	0.38	1.40	1.12	166	WNW
8	22.49	1.46	22.23	0.40	11.37	4.74	15.0	9.7	61.72	0.04	1.14	1.02	176	W

る影響を及ぼすかを検討している。そしてこの手法は現在、本四連絡橋の設計基本風速を用める際、用いられている。しかしこの手法では台風による強風特性のメソスケールでの地形の影響や局地風との関連性が考慮できない。そこで本実験では、前述のシーアラインを仮定した際のいくつかの主風系の存在あるいはマイクロ、メソスケールな地形の影響を受けた局地風を知るべく初歩的段階として、ある循環流の中に地形模型を設置しその気流系の可視化を試みた。また、現在得られている気象データは、いくつかの気象観測所によって測定されたものであるため、構造物の設置場所における風速は近くの観測所データから推定している。この点からも地形模型実験による、より精度の高い風速推定が望まれている。

3.2 実験装置

実験に用いた地形模型は、水平方向25万分の1、高さ方向25万分の3の縮尺率をもつ変形立体地図である。また台風のモデル化は、円周上に案内羽根を配し電動ファンを用いて中央部から空気を上部に抜くことによって半径123 cm（地形模型の縮尺等から実際の600 kmに相当）の旋回流を発生させた。案内羽根は20 cm×20 cmの正方形であり、その配置角度は自由に変えられるようになっている。また空気を抜くための電動ファンの回転数は自由に調節でき、旋回流内を流れるドライアイスの流量の増減も可視化し易いように適宜変化させた。（Fig. 12）

今回の実験は以上に示したように、かなり装置を簡略化したためいくつかの問題点が残る。まずこの台風自身が実際の台風の特徴をどの程度とらえているかという点、つまり実際の台風には目が存在しその中ではほとんど無風状態であり、目の少し外側で最大の風速となるが、このモデルではその点は表わしていないこと、さらに幾何学的な相似を保つため最も重要とされるSwirl比などまだいくつか指摘される点が残っており、さらに偏西風、温度、湿度の影響をも考慮する必要があるだろう。しかしここでは地形特性の影響のみを考え、各地でどのような気流が起こるのかを定性的に観察することにした。

3.3 実験方法および結果

この実験で対象とした台風は、比較的風速に関してデータが豊富に残っており、近畿一円に被害をもたらした第2室戸台風である。この台風の経路上の5個の点を選び、その位置にモデル台風を配置し地形模型外からドライアイスによって発生させた白煙を流し入

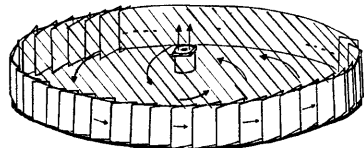


Fig. 12 A bird's-eye view of the special typhoon simulation device

れ、その流れの様子を記録した。記録方法はビデオ撮影および連続写真を用い、特に大阪、神戸、徳島、和歌山の4地点付近の流れの様子に注目し、実際の観測データとの比較を行い第2室戸台風の再現性を確かめてみた。実験から得られた流線を(Ⅰ)10:00、(Ⅱ)11:00、(Ⅲ)12:00、(Ⅳ)13:00 (Ⅴ)13:30、(Ⅵ)14:00の各時刻にわけて示す。(Fig. 13~18)なお点を施した部分は平地、実線部分は峻線を示す。さらに実際に第2室戸台風襲来時に実測された各地における風速、風向を時刻とともに示す(Fig. 19)以下、各地点における観察された流線の概略を述べる。

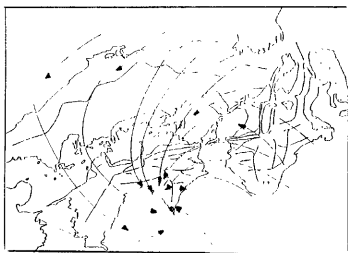


Fig. 13 Streamline (10:00)

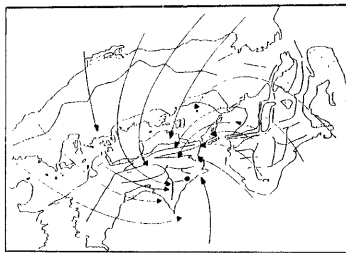


Fig. 14 Streamline (11:00)

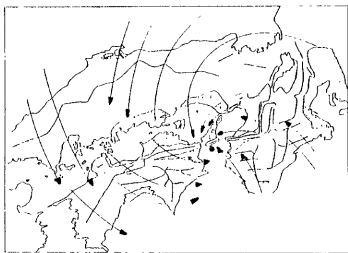


Fig. 15 Streamline (12:00)

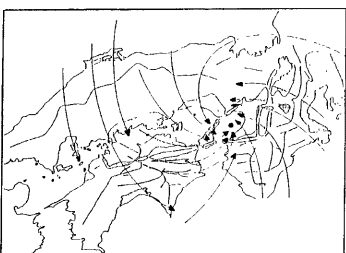


Fig. 16 Streamline (13:00)

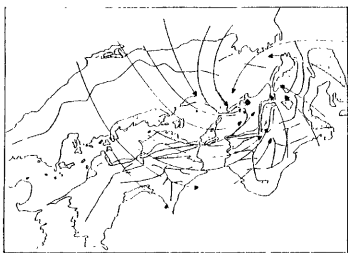


Fig. 17 Streamline (13:30)

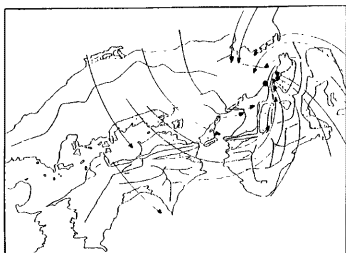


Fig. 18 Streamline (14:00)

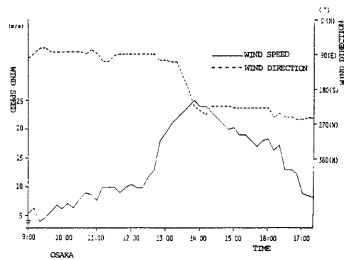


Fig. 19 Variation of wind speed during passage of typhoon No. 6118

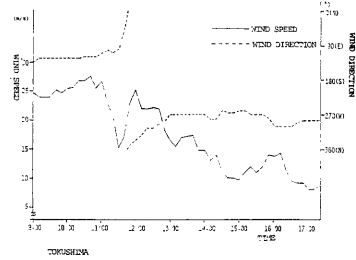


Fig. 20 Variation of wind speed during passage of typhoon No. 6118

(I) 大阪

大阪平野北部では、台風が上陸する前には奈良盆地から生駒山を越える東風である。また大阪平野南部では金剛山地さらに和泉山脈を越える南東の風となっている。(I~III)しかし台風が大阪湾に達したときには南風に変っている。(IV)さらに台風上陸後には北部では西南西、南部では南西の風が吹いているのが観察された。(V, VI)また和泉山脈から金剛山地、生駒山地を流線が通る様子が観察されたが、これは、これらの山脈によって気流が収束させられ強風の発生原因となっている可能性があることを示すものである。実際に、大阪では第2室戸台風の際、通過前に東風、通過後には南西あるいは西南西の風が作用していたとされ(Fig. 19)実験結果とよく一致しているといえよう。

(II) 神戸

台風が神戸付近を通過する前は東北東の風である。(I~IV)これは大阪方面から六甲山地に沿って流れる気流の影響であるが、時間の経過とともに六甲山を巻き込む気流が大勢を占めるようになり、そのため風向は西風へと変わっていく。(V~VI)これはFig. 19に示すように第2室戸台風時に神戸において観測された風向が東北東、西風を保っていることと対応しているといえよう。

(III) 徳島

10:00には紀伊半島からの東風であり(I), 11:00には紀伊半島沿いの流れが徳島に達しているのが観察された。(III)Fig. 20に示すように第2室戸台風来襲時、徳島における風向は10:00に東寄りであり良く再現されている。しかし台風通過後に観察できた東風は、実際の観測値と大きく異っていた。しかしこの時刻における風速は、かなり低くなっていることから台風以外の他の要因が加わったためではないかと思われる。

(IV) 和歌山

台風通過前は、紀伊山地から吹き下ろす南東、東南東の風が卓越しているが(I~III)、台風が大阪湾上

に位置しているとき(Ⅳ)南風となることが観察された。これは Fig. 20 に示す第2室戸台風のときの実測値とよく一致している。また(Fig. 20)によると風向が南へ移っていくに従って風速が上昇しているが、これは風上において加速された風が吹き込んできたものと考えられる。

地形模型による旋回流における流れの可視化を全般的に見た場合、やはり山地、山脈は気流の方向を変化させ或いは収束させるなど、各地点に及ぼす影響は、かなり大きいものと思われる。

4. 結 論

本研究では、構造物の設計風速を合理的かつ安全に設定するために、我が国における強風構造の解明を行う目的で特に台風の非定常性に関して検討を加えた。以下、その得られた結論を列挙する。

(1) 大阪における強風特性を統計的に解析する目的でこれまでに大阪を襲った台風を分類し極値Ⅰ型分布への適合性を調べてみた。ほとんどの場合が室戸、第2室戸、ジェーンの3大型台風の極値分布への適合性は望ましくなかったが、台風の通過経路に注目し、以上の3台風と同様の経路(四国沖から室戸岬を通り阪神地域へ入る)を通った台風を対象に調査したところ、極値Ⅰ型分布への適合性は非常に良いものとなった。

(2) 台風の特性を表わす平均風速は、その平均化時間の定め方によって大きく異なる。そのため平均化時間の決定には対象とする振動の種類あるいは強風の継続時間など慎重に検討することが必要であろう。

(3) 第2室戸台風の再現を目的とし地形模型およびモデル台風を用いて気流の流れを観察し各地の風に、山脈、山地がいかなる影響を及ぼしているかを調べてみた。その結果、神戸では六甲山系が大きく影響し、およそ山地沿いの風となることがわかった。大阪では和泉山脈、金剛山地、生駒山地による風の収束作用の影響から台風通過後に南西の風が観察できた。全体的に見ても山地、山脈が気流の分岐あるいは収束に及ぼす影響は大きく、強風に対する地形的要因が重要な意味をもつことが確かめられた。

今後、さらに相似則に十分注意を払いながら各地の風速の測定を試みたい。

参 考 文 献

- 1) WIND RESISTANT DESIGN REGULATIONS —A WORLD LIST, 1975.
- 2) American National Standard. ANSI A 58. 1. 1972
- 3) 光田 寧：台風とそれに伴う強風について 京都大学防災研究所年報，第23号，A，1980.
- 4) 牧野 稔，渡壁守正：台風による強風の確率モデルに基づく基準風速図，日本風工学研究会誌，19号，昭和59年4月。
- 5) 白石成人，松本 勝，長尾文明：西日本各地の台風による強風特性 第8回風工学シンポジウム論文集 1984年12月。
- 6) Bridge Aerodynamics, Institution of Civil Engineers, Westminster, London, 25-28, March, 1982年12月。
- 7) 宮田利雄・斉藤善昭・籠田 彰：強風の成因別極値解析とその考察，第7回風工学シンポジウム論文 1982.
- 8) 吉野 格：瀬戸内海の気象観測 365日 その4 サスペンションエッジ
- 9) 本州四国連絡橋調査，気象調査，中間報告 その2 昭和39年3月。
- 10) 自然強風の耐風工学的特性の調査研究 京都大学工学部土木工学教室橋梁工学研究室 昭和51年3月
- 11) 光田 寧・森 征洋：潮岬において観測された台風通過時の風の特性について，京都大学防災研究所年報 第16号，B pp. 285-291, 1973.
- 12) 斜張橋の耐風安定性に関する研究 京都大学工学部土木工学教室橋梁工学研究室。昭和55年3月。
- 13) 斉藤・井上・檀上：暴風値の図式相関関解析—日本の強風の研究Ⅳ—，気象庁研究時報，Vol. 11 No. 9 1959, pp. 41-46.